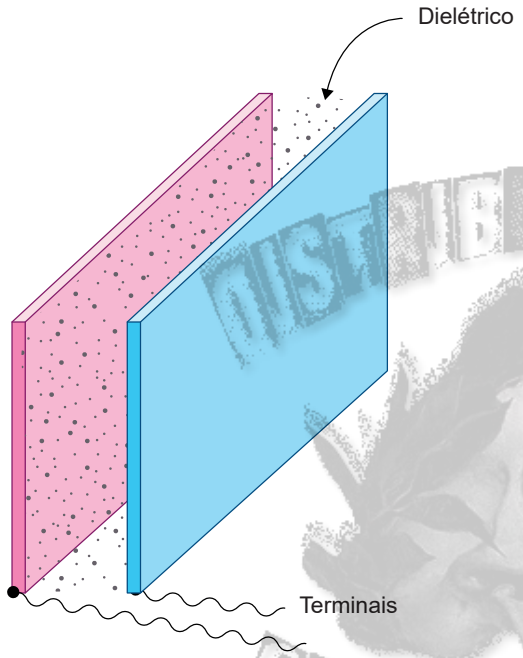
Aulas 19 e 20

Introdução

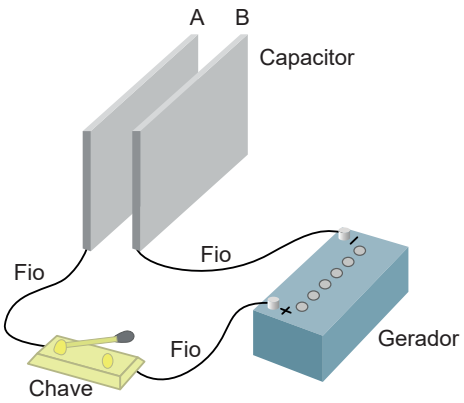
Capacitor é um elemento de circuito utilizado no armazenamento de cargas e, consequentemente, energia potencial eletrostática. Tal característica pode ser utilizada para diversos fins como em flash de uma máquina fotográfica e dispositivos de rádio.

Capacitores são constituídos de duas placas condutoras que podem ser de diversos formatos, também conhecidas como armaduras. Entre as placas é colocado um material isolante, um dielétrico.

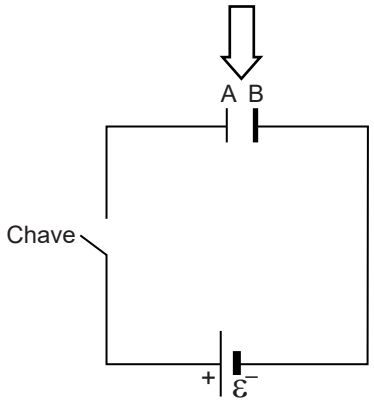


Carregamento e descarga de um capacitor

Ao conectarmos um capacitor em uma bateria irá ocorre um fluxo de cargas até que as placas do capacitor se equilibrem eletrostaticamente com os terminais da bateria o que culminará em um acúmulo de cargas e armazenamento de energia potencial eletrostática.

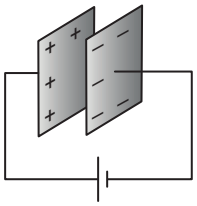


Montagem apara carregar o capacitor



Representação esquemática.

Capacitância



Definimos capacitância como a razão entre a carga acumulada (em módulo) em um capacitor e a diferença de potencial associada.

$$C = \frac{Q}{U}$$

No S.I, a unidade é o farad (F)=coulomb(C)/volt(V)

Trata-se de uma característica fundamental do dispositivo e é uma grandeza utilizada como referência para diversos fins.

Energia potencial eletrostática

Podemos calcular a energia armazenada em um capacitor da seguinte forma:

$$E = \frac{QU}{2}$$

E utilizando a relação $C = \frac{Q}{U}$ podemos reescrever da seguinte maneira:

$$E = \frac{CU^2}{2} \text{ ou } E = \frac{Q^2}{2C}$$

Capacitor plano

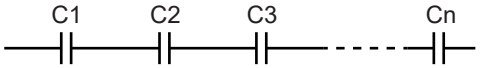
Para um capacitor plano, no caso de interesse, a capacitância será calculada como:

$$C = \frac{\in A}{d}$$

Onde A é a área da placa, d a distância entre as placas e ϵ a permissividade elétrica do meio.

Associação de capacitores

Série:



Em uma associação desse tipo, o equivalente será dado por

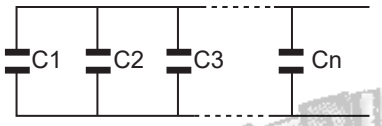
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... + \frac{1}{C_n}$$

Dois casos particulares aparecem com muita frequência nesse tipo de cenário:

i. Todos iguais: $C_{eq} = \frac{C}{n}$

ii. Apenas dois capacitores: $C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

Paralelo:



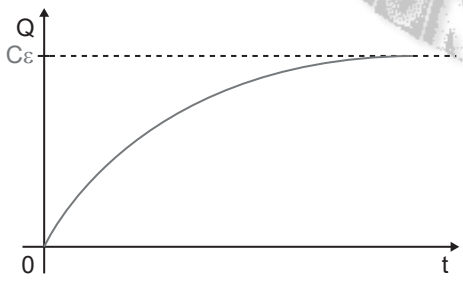
Em uma associação desse tipo, o equivalente será dado por

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + ... + C_n$$

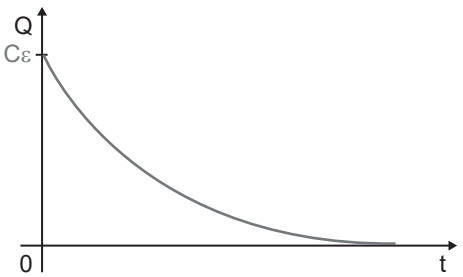
Equações de carregamento e descarregamento

Podemos mostrar, com auxílio de cálculo diferencial e integral, as seguintes equações para a carga armazenada no capacitor em circuito RC (resistor e capacitor):

i. Carregamento: $Q = C \in \left(1 - Q^{-\frac{t}{RC}}\right)$



ii. Descarga: $Q = C \in^{-\frac{t}{RC}}$

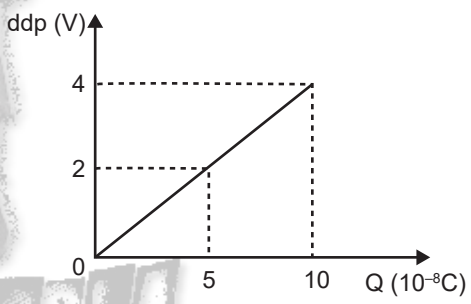


Exercícios

01. (Esc. Naval) Em relação o Eletromagnetismo, assinale a opção incorreta.
A) O campo elétrico resultante nos pontos internos de um condutor, em equilíbrio eletrostática, é nulo.
B) Cargas elétricas abandonadas em repouso num campo elétrico e sujeitas apenas à força elétrica deslocam-se, espontaneamente, para pontos de maior potencial elétrico.
C) A capacitância eletroestática de um condutor esférico é diretamente proporcional ao seu raio.
D) Em todo movimento espontâneo de cargas elétricas num campo elétrico, a energia potencial elétrica diminui.
E) O potencial elétrico é constante em todos os pontos da superfície externa de um condutor em equilíbrio eletroestático.

02. (Efomm) Suponha que um capacitor de placas paralelas, com ar entre as placas, em princípio descarregado, seja carregado por uma bateria durante um certo tempo. Verifica-se (de algum modo) que os valores do potencial e da carga elétrica em uma das placas estão relacionados conforme mostra a figura a seguir. Em seguida, insere-se um dielétrico de constante dielétrica
k = 2 entre as placas do capacitor carregado.

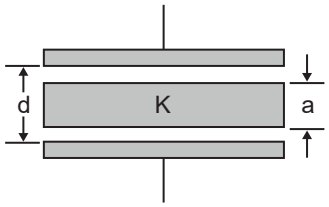
Qual é a energia armazenada entre as placas do capacitor com o dielétrico?



A) $4,0 \times 10^{-9}$ J
B) $0,5 \times 10^{-8}$ J
C) $1,0 \times 10^{-8}$ J
D) $2,0 \times 10^{-8}$ J
E) $4,0 \times 10^{-8}$ J

03. (Efomm) A professora Ana Clara, com intuito de determinar a capacitância de um capacitor que estava com suas especificações ilegíveis, realizou o seguinte procedimento: carregou um segundo capacitor de 150 pF com uma tensão de 100 V, utilizando uma fonte de alimentação. Em seguida, desligou o capacitor da fonte e o conectou em paralelo com o capacitor de valor desconhecido. Nessas condições, ela observou que os capacitores apresentavam uma tensão de 60 V. Com esse procedimento, a professora pôde calcular o valor do capacitor desconhecido, que é de
A) 45 pF
B) 70 pF
C) 100 pF
D) 150 pF
E) 180 pF

04. (Esc. Naval) Considere inicialmente um capacitor no vácuo com placas paralelas, de área A, separadas por uma distância d. A seguir é inserido um material, com constante dielétrica k e espessura a, paralelamente entre suas placas, conforme figura a seguir.



Determine a capacitância desse segundo arranjo em função da capacitância inicial C_0 (com vácuo entre as placas) e os dados **a**, **d** e **k** e marque a opção correta.

A) $C_{equivalente} = \dfrac{C_0}{1-\frac{a}{d}\left(1-\frac{1}{k}\right)}$

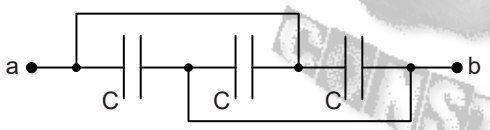
B) $C_{equivalente} = \dfrac{C_0}{1-\frac{d}{a}\left(k-\frac{1}{k}\right)}$

C) $C_{equivalente} = \dfrac{kC_0}{1-\frac{a}{d}\left(1-\frac{1}{k}\right)}$

D) $C_{equivalente} = \dfrac{kC_0}{\frac{a}{d}\left(1-\frac{d}{k}\right)-1}$

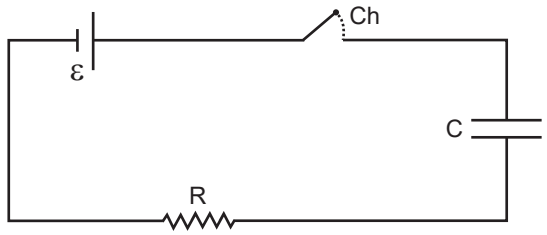
E) $C_{equivalente} = \dfrac{C_0}{1-\frac{a}{d}\left(1+\frac{k}{d}\right)}$

05. (EEAR) Determine o valor em μF da capacitância equivalente entre os pontos **a** e **b** da associação de capacitores a seguir:



Obs.: C = 30 μF
A) 0
B) 10
C) 30
D) 90

06. (Epcar (Afa)) O circuito elétrico esquematizado a seguir é constituído de uma bateria de resistência interna desprezível e f e m ε, de um resistor de resistência elétrica R, de um capacitor de capacitância C inicialmente descarregado, e de uma chave Ch, inicialmente aberta.



Fecha-se a chave Ch e aguarda-se o capacitor carregar. Quando ele estiver completamente carregado, pode-se afirmar que a razão entre a energia dissipada no resistor (E_R) e a energia acumulada no capacitor (E_C), $\frac{E_R}{E_C}$, é

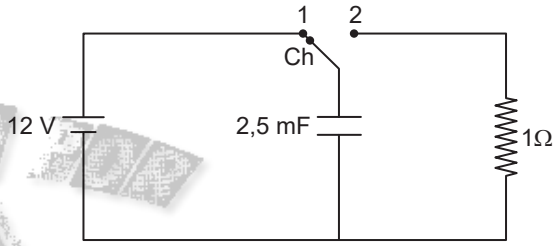
A) maior que 1, desde que $\frac{R}{C} > 1$

B) menor que 1, desde que $\frac{R}{C} > 1$

C) igual a 1, somente se $\frac{R}{C} = 1$

D) igual a 1, independentemente da razão $\frac{R}{C}$

07. EPCAR (AFA)) Num instante t_0 = 0 um capacitor de 2,5 mF, totalmente descarregado, é ligado a uma fonte de 12 V por meio de uma chave Ch que é colocada na posição 1, conforme figura a seguir.



Em um determinado instante t_1, o capacitor fica completamente carregado.

Nessas condições, são feitas as seguintes afirmativas.

I. Ao colocar a chave do circuito na posição 2, o capacitor será descarregado através do resistor de 1 Ω e sua diferença de potencial decrescerá exponencialmente com o tempo, até completar o processo de descarga;

II. Com a chave do circuito na posição 1, para qualquer instante de tempo **t** tal que $t \leq t_1$, o capacitor sofre um processo de carga, em que a corrente no circuito vai diminuindo linearmente com o tempo e tem sua intensidade nula quando $t = t_1$;

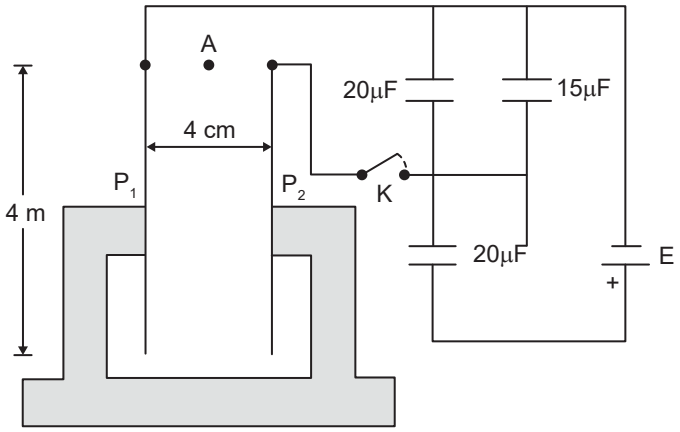
III. A energia potencial armazenada no capacitor no instante de tempo t_1 vale 0,18 J.

São verdadeiras as afirmativas
A) I, II e III.
B) I e II, apenas.
C) I e III, apenas.
D) II e III, apenas.

08. (Efomm) O sistema a seguir é constituído por duas placas metálicas retangulares e paralelas, com 4 m de altura e afastadas 4 cm, constituindo um capacitor de 5 μF. No ponto A, equidistante das bordas superiores das placas, encontra-se um corpo puntiforme, com 2 g de massa e carregado com 4 μC.

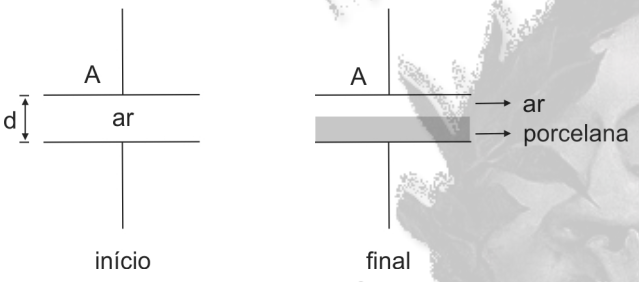
O corpo cai livremente e, após 0,6 s de queda livre, a chave K é fechada, ficando as placas ligadas ao circuito capacitivo em que a fonte E tem 60 V de tensão. Determine a que distância da borda inferior da placa se dará o choque.

Dados: considere a aceleração da gravidade g = 10 m/s².



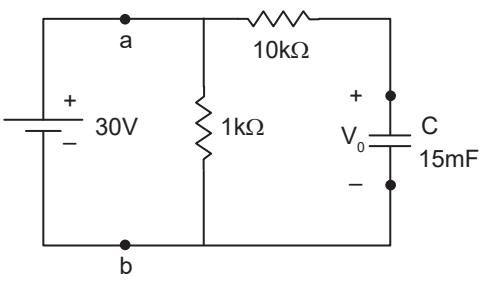
A) 0,2 m
B) 0,4 m
C) 0,6 m
D) 0,8 m
E) 1,0 m

09. (Efomm) Na figura a seguir, temos um capacitor de placas paralelas de área A separadas pela distância **d**. Inicialmente, o dielétrico entre as placas é o ar e a carga máxima suportada é Q_a. Para que esse capacitor suporte uma carga máxima Q_b, foi introduzida uma placa de porcelana de constante dielétrica **k** e espessura d/2. Considerando que seja mantida a diferença de potencial entre as placas, determine a razão entre as cargas Q_b e Q_a.



A) $\frac{2k}{k+1}$
B) $\frac{2k}{5k+3}$
C) $\frac{2k\varepsilon_0 A}{d(k+1)}$
D) $\frac{k\varepsilon_0 A}{dk}$
E) $\frac{2k\varepsilon_0}{d(k+1)}$

10. (Esc. Naval) Analise a figura a seguir.



Diferenças de potencial de 30 volts já representam, para alguns indivíduos, risco de fibrilação induzida (mesmo que o choque elétrico seja de baixa corrente). Suponha que uma força eletromotriz aplicada entre as mãos de um ser humano seja, de modo simplificado, equivalente ao circuito mostrado na figura anterior, com a magnitude da tensão V_o no capacitor (coração) determinando o grau de risco. Se a **f** e **m** é de 30 volts, a potência elétrica, em watts, dissipada no corpo humano é igual a:
A) 0,9
B) 0,6
C) 0,5
D) 0,3
E) 0,2

11. (ITA) Considere um octaedro regular cujos vértices estão todos ligados por capacitores idênticos de capacitância C. Cada par de vértices, vizinhos ou não, está ligado por um capacitor. Calcule a capacitância equivalente entre dois vértices vizinhos do sólido.
A) C
B) 2C
C) 3C
D) 8C/3
E) 8C

12. (ITA) Deseja-se capturar uma foto que ilustre um projétil, viajando a 500 ms/s, atravessando uma maçã. Para isso, é necessário usar um *flash* de luz com duração compatível com o intervalo de tempo necessário para que o projétil atravesse a fruta. A intensidade do *flash* de luz está associada à descarga de um capacitor eletricamente carregado, de capacitância C, através de um tubo de resistência elétrica dada por 10 Ω. Assinale a alternativa com o valor de capacitância mais adequado para a aplicação descrita.
A) 800 pF
B) 15 nF
C) 800 nF
D) 15 μF
E) 800 μF

13. (IME)

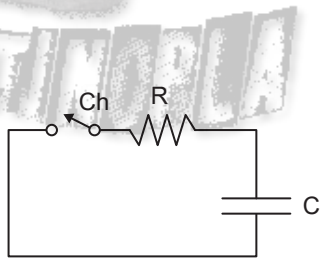


Figura 1

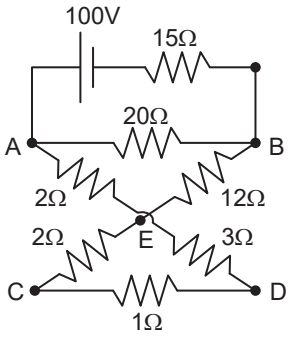
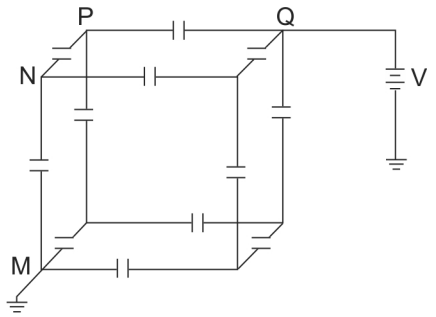


Figura 2

No circuito da figura 1, após o fechamento da chave Ch, o resistor R dissipa uma energia de $8 \cdot 10^{-6}$ Wh (watts-hora). Para que essa energia seja dissipada, o capacitor C de 100 μF deve ser carregado completamente pelo circuito da figura 2, ao ser ligado entre os pontos
A) A e B
B) B e C
C) C e E
D) C e D
E) B e E

14. (ITA) Uma diferença de potencial eletrostático V e estabelecida entre os pontos M e Q da rede cúbica de capacitores idênticos mostrada na figura.

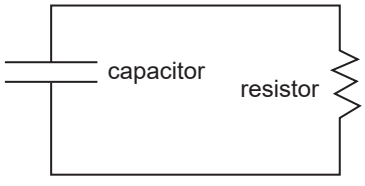


A diferença de potencial entre os pontos N e P é
A) V/2
B) V/3
C) V/4
D) V/5
E) V/6

15. (ITA) Na figura, o circuito consiste de uma bateria de tensão V conectada a um capacitor de placas paralelas, de área S e distância **d** entre si, dispondo de um dielétrico de permissividade elétrica ε que preenche completamente o espaço entre elas. Assinale a magnitude da carga **q** induzida sobre a superfície do dielétrico.

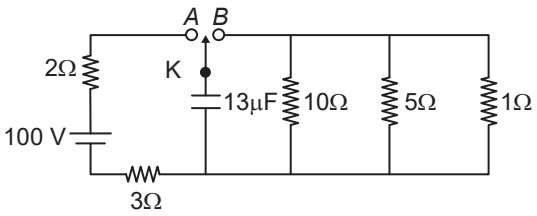
A) $q = \varepsilon Vd$
B) $q = \dfrac{\varepsilon SV}{d}$
C) $q = (\varepsilon - \varepsilon_0)Vd$
D) $q = \dfrac{(\varepsilon - \varepsilon_0)SV}{d}$
E) $q = \dfrac{(\varepsilon + \varepsilon_0)SV}{d}$

16. (EsPCex) Um capacitor de capacitância igual a 2 μF está completamente carregado e possui uma diferença de potencial entre suas armaduras de 3 V. Em seguida, este capacitor é ligado a um resistor ôhmico por meio de fios condutores ideais, conforme representado no circuito abaixo, sendo completamente descarregado através do resistor. Nesta situação, a energia elétrica total transformada em calor pelo resistor é de:



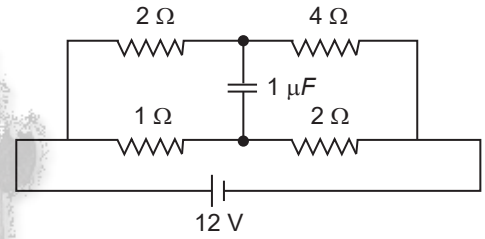
A) $1,5 \cdot 10^{-6}$ J
B) $6,0 \cdot 10^{-6}$ J
C) $9,0 \cdot 10^{-6}$ J
D) $12,0 \cdot 10^{-6}$ J
E) $18,0 \cdot 10^{-6}$ J

17. (AFA) No circuito representado pela figura abaixo, estando o capacitor completamente carregado, leva-se a chave K da posição A para a posição B,



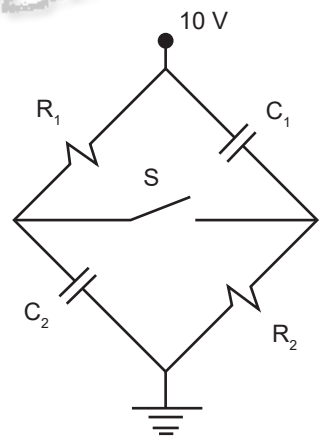
A quantidade de energia, em mJ dissipada pelo resistor de 1 Ω, após essa operação, é igual a:
A) 5
B) 10
C) 25
D) 50

18. (AFA) No circuito elétrico abaixo, a carga elétrica do capacitor, em μC, é



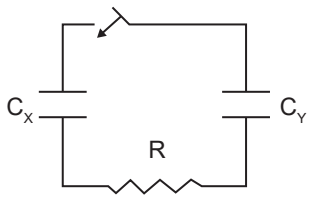
A) 12
B) 8
C) 4
D) 0

19. (Efomm) O circuito da figura é composto de duas resistências, $R_1 = 2,5 \times 10^3\ \Omega$ e $R_2 = 1,5 \times 10^3\ \Omega$, e de dois capacitores, de capacitâncias $C_1 = 2,0 \times 10^{-9}$ F e $C_2 = 4,5 \times 10^{-9}$ F. Sendo fechada a chave S, a variação de carga ΔQ no capacitor C_1, após determinado período, é de:



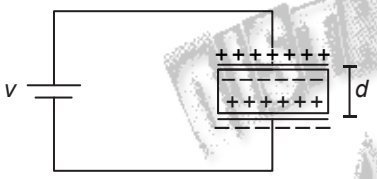
A) – 15 nC
B) – 10 nC
C) – 5 nC
D) 0 nC
E) 5 nC

20. No circuito ideal da figura, inicialmente aberto, o capacitor de capacitância CX encontra-se carregado e armazena uma energia potencial elétrica E. O capacitor de capacitância CY = 2CX está inicialmente descarregado. Após fechar o circuito e este alcançar um novo equilíbrio, pode-se afirmar que a soma das energias armazenadas nos capacitores é igual a



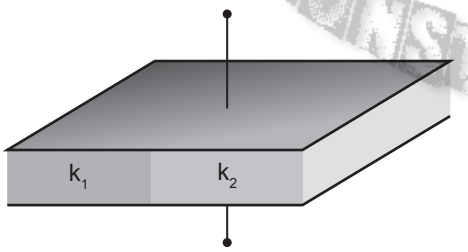
A) 0
B) E/9
C) E/3
D) 4E/9

21. Na figura, o circuito consiste de uma bateria de tensão V conectada a um capacitor de placas paralelas, de área S e distância **d** entre si, dispondo de um dielétrico de permissividade elétrica $\in$ que preenche completamente o espaço entre elas. Assinale a magnitude de carga **q** induzida sobre a superfície do dielétrico.



A) $q = \varepsilon Vd$
B) $q = \varepsilon SVd$
C) $q = (\varepsilon - \varepsilon_0)Vd$
D) $q = (\varepsilon - \varepsilon_0) SV/d$
E) $q = (\varepsilon + \varepsilon_0) SV/d$

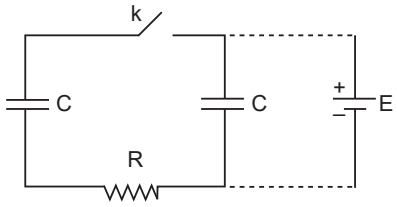
22. Metade da região entre as placas de um capacitor plano é preenchida por um dielétrico de constante dielétrica k_1, e a outra metade é preenchida por outro dielétrico de constante dielétrica k_2.



Sendo A a área de cada placa, **d** a distância que as separa e e_0 a permissividade do vácuo, prove que a capacitância C desse capacitor é dada por:

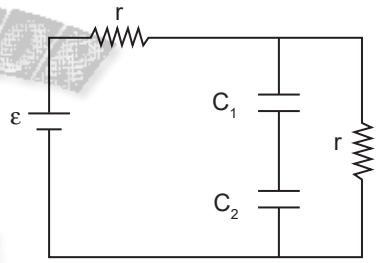
$$C = \frac{\in_0 (k_1 + k_2)A}{2d}$$

23. No circuito a seguir carrega-se o capacitor C com uma diferença de potencial E, estando a chave **k** aberta. Em seguida, afasta-se a bateria e liga-se a chave **k**. Após estabelecido o equilíbrio no circuito verifica-se que 50% da energia armazenada inicialmente em C é dissipada em R. Conclui-se que a diferença de potencial nos terminais dos capacitores é:



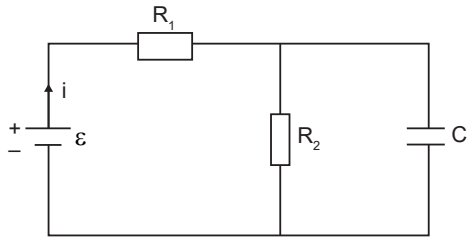
A) $\frac{\sqrt{3}}{3} \cdot E$
B) $\frac{E}{4}$
C) 2 E
D) $\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot E$
E) $\frac{E}{2}$

24. No circuito esquematizado, a carga acumulada no capacitor C_1 é Q_1, e no capacitor C_2 é Q_2. Sabendo-se que C_1 é maior do que C_2, pode-se afirmar que:



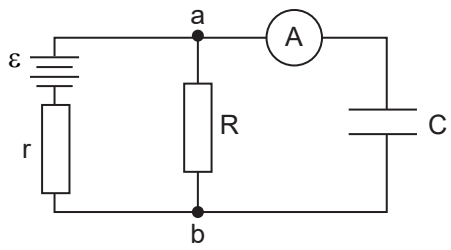
A) a tensão no capacitor C_1 é maior do que a tensão no capacitor C_2.
B) $Q_1 > Q_2$.
C) $Q_1 + Q_2 = \frac{\varepsilon}{2} \cdot \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$
D) $Q = \frac{\varepsilon \cdot C_1}{2}$
E) a tensão em C_1 é $v_1 = \frac{\varepsilon \cdot C_2}{2(C_1 + C_2)}$

25. No circuito esquematizado, considere dados ε, R_1, R_2 e C. Podemos afirmar que a corrente i constante que irá circular e a tensão VC no capacitor medem respectivamente:



A) i = 0, V_c = 0.
B) $i = \frac{\varepsilon}{R_1}$, $V_c = \varepsilon$.
C) $i = \frac{\varepsilon}{(R_1 + R_2)}$, $V_c = \frac{\varepsilon R_2}{(R_1 + R_2)}$.
D) $i = \frac{\varepsilon}{(R_1 + R_2)}$, $V_c = \varepsilon$.
E) $i = \frac{\varepsilon}{R_2}$, $V_c = \frac{R_1 \varepsilon}{R_2}$.

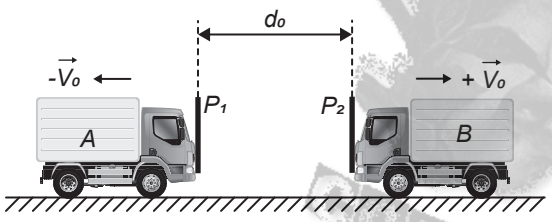
26. No circuito mostrando na figura a seguir, a força eletromotriz da bateria é ε = 10 V e a sua resistência interna é r = 1,0 Ω. Sabendo que R = 4,0 Ω e C = 2,0 μF, e que o capacitor já se encontra totalmente carregado, considere as seguintes afirmações:



I. A indicação na amperímetro é de 0A.
II. A carga armazenada no capacitor é 16 μC.
III. A tensão entre os pontos a e b é 2,0 V.
IV. A corrente na resistência R é 2,5 A

Das afirmativas mencionadas, é(são) correta(s):
A) apenas I.
B) I e II.
C) I e IV.
D) II e III.
E) II e IV.

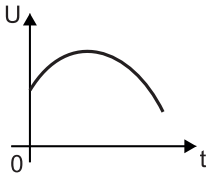
27. (AFA) Duas grandes placas metálicas idênticas, P_1 e P_2, são fixadas na face dianteira de dois carrinhos, de mesma massa, A e B. Essas duas placas são carregadas eletricamente, constituindo, assim, um capacitor plano de placas paralelas. Lançam-se, simultaneamente, em sentidos opostos, os carrinhos A e B, conforme indicado na figura a seguir:



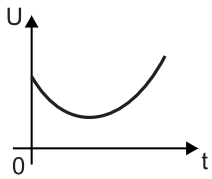
SUPERFICIE PLANA E HORIZONTAL

Desprezadas quaisquer resistências ao movimento do sistema e considerando que as placas estão eletricamente isoladas, o gráfico que melhor representa a ddp, U no capacitor, em função do tempo **t**, contando a partir do lançamento é:

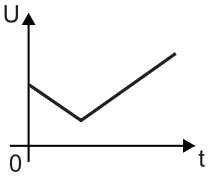
A)



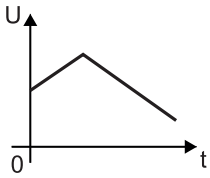
B)



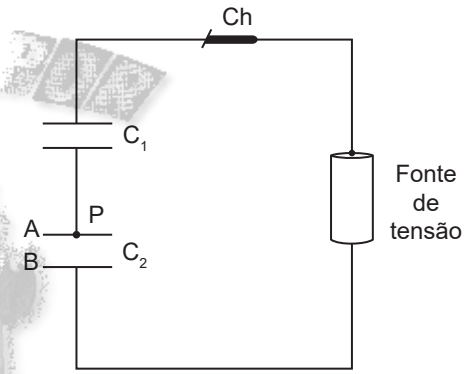
C)



D)

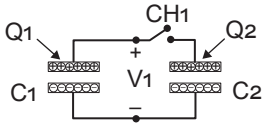


28. (AFA) No circuito esquematizado abaixo, C_1 e C_2 são capacitores de placas paralelas, o ar, sendo C_2 pode ter sua capacitância alterada por meio da inclinação de sua armadura A, que é articulada no ponto P.



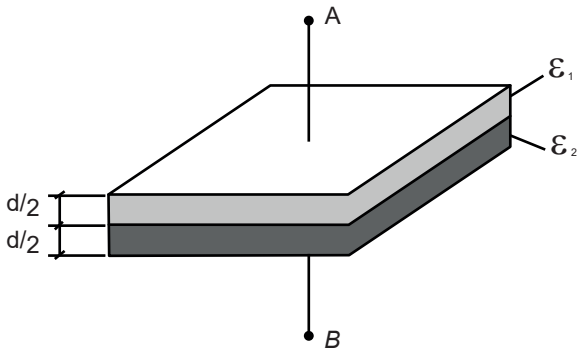
Estando os capacitores completamente carregados, desliga-se a chave Ch e inclina-se a armadura A sem deixá-la aproximar muito de B. Nessas condições, a ddp nos terminais de C_1 e C_2, respectivamente,
A) aumenta e diminui
B) fica constante e diminui
C) diminui e aumenta
D) fica constante e aumenta

29. (Efomm) Os capacitores planos C_1 e C_2 mostrados na figura têm a mesma distância **d** e o mesmo dielétrico (ar) entre suas placas. Suas cargas iniciais eram Q_1 e Q_2, respectivamente, quando a chave CH_1 foi fechada. Atingido o equilíbrio eletrostático, observou-se que a tensão V_1 mostrada na figura não sofreu nenhuma variação com o fechamento da chave. Podemos afirmar que os dois capacitores possuem



A) a mesma energia potencial elétrica armazenada.
B) a mesma carga elétrica positiva na placa superior.
C) a mesma carga elétrica, em módulo, na placa superior.
D) a mesma capacitância.
E) o mesmo valor do campo elétrico uniforme presente entre as placas.

30. A região entre as placas de um capacitor plano é preenchida por dois dielétricos de permissividades ε_1 e ε_2, conforme ilustra a figura a seguir.



Sendo S a área de cada placa, d a distância que as separa e U a ddp entre os pontos A e B, quando o capacitor está totalmente carregado, o módulo da carga Q de cada placa é igual a

A) $\frac{2S}{d(\varepsilon_1+\varepsilon_2)}\cdot U$

B) $\frac{2S(\varepsilon_1+\varepsilon_2)}{d}\cdot U$

C) $\frac{2S\varepsilon_1\varepsilon_2}{d(\varepsilon_1+\varepsilon_2)}\cdot U$

D) $\frac{d(\varepsilon_1+\varepsilon_2)}{2S\varepsilon_1\varepsilon_2}\cdot U$

Gabarito

1	2	3	4	5
B	E	C	A	D
6	**7**	**8**	**9**	**10**
D	C	D	A	A
11	**12**	**13**	**14**	**15**
C	D	E	D	D
16	**17**	**18**	**19**	**20**
C	D	?	?	C
21	**22**	**23**	**24**	**25**
D	?	E	E	C
26	**27**	**28**	**29**	**30**
B	A	B	E	C

NOTIFICAÇÃO

DIGITADOR(A): Vicentina – **REVISOR(A):** Karlla
056.713 - 165802/22